

УДК 621.7.011/621.785.3

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ И ОТЖИГА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КАДМИЕВОЙ БРОНЗЫ

Б.Е.Хайкин, М.Ф.Рыбакова,
Л.М.Железняк, Ю.Н.Логинов,
Б.Н.Нефедов
(Уральский политехнический
институт)

Для изготовления износостойких изделий электротехнического назначения (коллекторов электрических машин, токосъемников и других деталей скользящего контакта) широкое применение получил сплав меди с 1 % кадмия - кадмиевая бронза. В отличие от большинства медных сплавов свойства кадмиевой бронзы изучены мало /1-3/. Данная статья дополняет указанные публикации.

Сопротивление σ_s холодной деформации кадмиевой бронзы (1,12 % Cd) изучали при осадке цилиндрических ($d_0 = 10$ мм, $h_0 = 10$ мм) образцов со смазкой хозяйственным мылом на универсальной испытательной машине с непрерывной записью усилия. Кривая деформационного упрочнения представлена на рис. 1. Эта зависимость аппроксимирована формулой

$$\sigma_s = 90e^{2\sqrt[3]{\varepsilon}},$$

где ε - относительное обжатие или удлинение, выраженное в долях единицы.

Для изучения влияния пластической деформации и термообработки на структуру и твердость кадмиевой бронзы были отобраны образцы, вырезанные из слитка сечением 100x100 мм, отлитого непрерывным способом. Схема вырезки образцов из темплета слитка представлена на рис.2. Исходная макроструктура металла представляла собой зону мелких зерен вблизи поверхности слитка и зону крупнозернистых столбчатых -кристаллов длиной 15...20 и шириной 1...2 мм α -твердого раствора в остальной части сечения слитка.

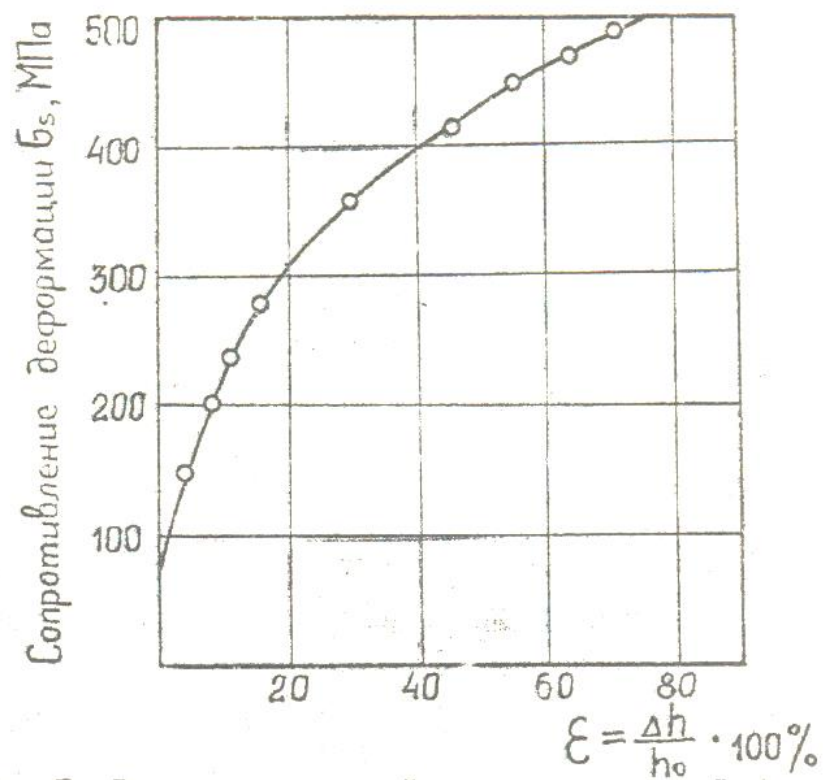


Рис.1. Сопротивление деформации кадмиевой бронзы после холодной деформации (содержание кадмия в сплаве 1,12 %)

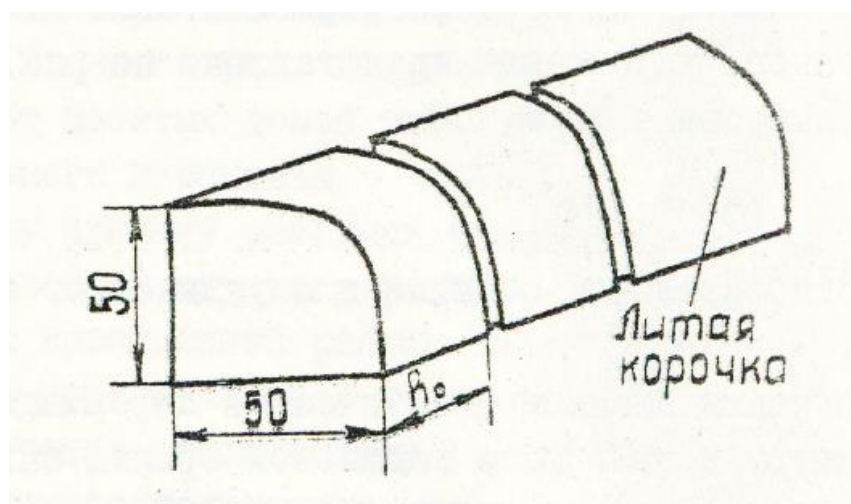


Рис.2. Схема вырезки образцов из слитка

Образцы деформировали осадкой в направлении высоты h_0 шлифованными бойками с применением смазки - смеси солидола с графитом в отношении 1:1. При относительном обжатии $\varepsilon > 5,4\%$ наблюдалось увеличение твердости образцов с ростом ε . Исследование микроструктуры образцов после деформации показало, что в изученном диапазоне значений деформация не приводит к дроблению зерен, а развивается внутри них. При малых значениях < 5 (5...10 %) деформация распределяется по зернам неоднородно, имеются зерна без следов скольжения и зерна, в которых наблюдаются единичные линии скольжения. При больших значениях (более 20 %) деформация охватывает весь объем образца и однородно распределяется по телу зерен.

Твердость кадмиевой бронзы после осадки с различной степенью деформации:

Относительное обжатие, %	0,0	5,4	10,7	15,2	26,6	51,4
Твердость НВ, МПа	625	625	691	826	1000	1090

Деформированные образцы подвергали нагреву до температур 400 , 500 , 600 и 750°C, время выдержки при нагреве 1 ч. Результаты измерения твердости образцов после термообработки представлены на рис.3 и 4, зависимость размера рекристаллизованных зерен,

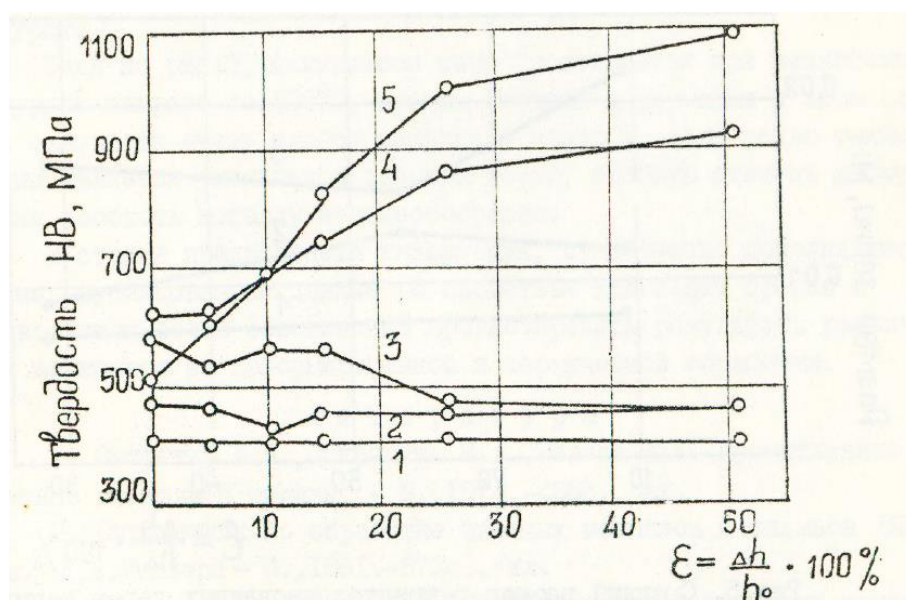


Рис.3. Твердость кадмиевой бронзы в зависимости от степени деформации и температуры нагрева: 1 – 750; 2 - 600; 3 - 500; 4 - 400°C; 5 – без отжига; выдержка 1 ч

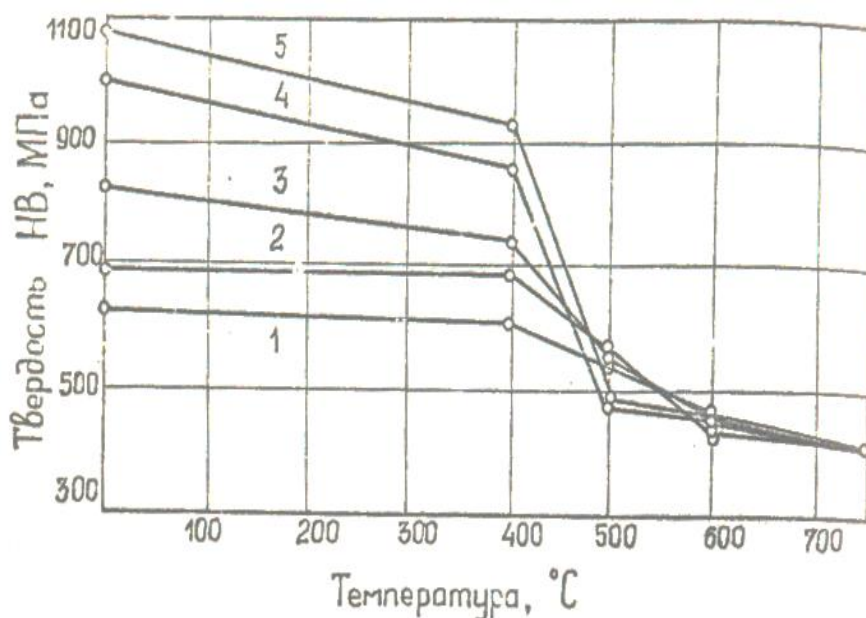


Рис. 4. Влияние температуры нагрева на твердость деформированной кадмиевой бронзы: 1 – $\varepsilon = 5,4\%$;
2 – 10,7; 3 – 15,2; 4 – 26,6; 5 – 51,4% ;
выдержка 1 ч

определенного по методу Джефриса, от степени предшествующей деформации и температуры отжига – на рис. 5.

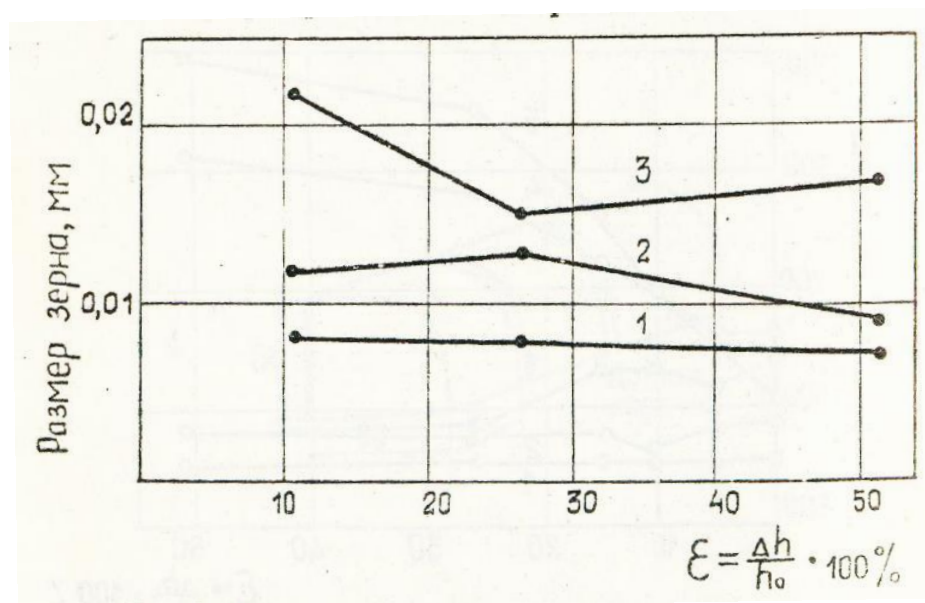


Рис.5. Средний размер рекристаллизованных зерен кадмиевой бронзы в зависимости от степени деформации и температуры отжига: 1 – 500; 2 – 600; 3 – 750; выдержка 1 ч

Анализ полученных результатов показывает, что нагрев до 400°C не снимает наклеп от предшествующей холодной деформации. Твердость слабодеформированных образцов после такого нагрева практически не изменилась; в образцах, деформированных на 26 и 51 % наблюдается понижение твердости на 140 и 170 МПа соответственно (см. рис.3 и 4). При микроструктурном исследовании бронзы после указанной температуры нагрева обнаружено протекание начальных этапов рекристаллизации. Полное снятие наклепа в образцах, деформированных на 26 и 51 % обнаружено после нагрева до 500°C, в слабодеформированных ($\varepsilon = 5,4$ и $10,7$ %) - до 600°C.

Отжиг при 600°C приводит к получению рекристаллизованной структуры во всех образцах, причем в слабодеформированных зерна крупнее, чем в сильнодеформированных, несмотря на развитие в последних собирательной рекристаллизации. Нагрев до 700°C приводит к развитию собирательной рекристаллизации во всех образцах, при этом твердость бронзы понижается с 625 до 402...413 МПа.

Сравнивая значения твердости исходного металла (625 МПа) и полностью отожженного (402 МПа), можно предположить, что литой металл несколько упрочнен из-за воздействия напряжений, возникающих при кристаллизации слитка, причем при последующей термообработке твердость эффективно снижается лишь при высоких температурах.

Судя по рис.5, наименьшее зерно достигается при низкотемпературном нагреве до 500°C, причем степень деформации в этом случае оказывает очень слабое влияние - поэтому, если целью технологии является уменьшение размера зерна, высокую степень деформации сообщать металлу нецелесообразно.

В статье представлена информация, существенно дополняющая ранее опубликованные данные по свойствам кадмиевой бронзы и позволяющая более обоснованно прогнозировать результаты различных вариантов ее деформационной и термической обработки.

Л и т е р а т у р а

1. Смирягин А.П., Смирягина Н.А., Белова А.В. Промышленные цветные металлы и сплавы. - М., 1974. - 488с., ил.
2. Справочник по обработке цветных металлов и сплавов /Под ред. Л.Е.Миллера -М., 1961. - 872с., ил.
3. Стукач А.Г., Ляшков В.Б. Сопротивление деформации некоторых цветных металлов и сплавов. - В кн.: Новые решения в теории обработки металлов давлением. М., 1965. с. 131-136.